

Ismo Pusula, Antti Vento

Henney Kilowatt -sähköauton lataus- ja sähköjärjestelmän kunnostus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

8.5.2017

Tekijät Otsikko Sivumäärä Aika	Ismo Pusula, Antti Vento Henney Kilowatt -sähköauton lataus- ja sähköjärjestelmän kunnostus 25 sivua + 2 liitettä 8.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kunnostaa ajokuntoiseksi Sähköinsinööriliiton omistuksessa oleva vuoden 1960 Henney Kilowatt vuoden 2017 Sähkön päivää varten. Auton kunnostus aloitettiin joulukuussa 2016, ja se valmistui sovitusti tammikuussa 2017. Kunnostuksen yhteydessä auton mekaaniset osat kunnostettiin ja tarkastettiin. Myös sähköjärjestelmä uusittiin suurelta osin ja siitä laadittiin kytkentäkaavio. Auton akkujen latausta varten autoon rakennettiin kokonaan uusi laturi.</p> <p>Insinöörityön teoriaosuudessa tarkastellaan sähköautojen kehitystä keskittyen erityisesti Henney Kilowatin historiaan. Lisäksi teoriaosuudessa kuvataan auton tasasähkömoottoria, akustoja sekä latausjärjestelmää. Työssä arvioidaan myös auton yleiskuntoa sekä tarvittavia toimenpiteitä auton rekisteröimiseksi.</p> <p>Kunnostustyön dokumentaatio toimii myös huolto-oppaana, käyttöohjekirjana ja avustavana oppaana Henney Kilowatt -sähköautolle. Näin tulevaisuudessa autolle tehtävät kunnostustyöt helpottuvat ja autoa voidaan käyttää turvallisesti. Insinöörityötä täydentää autosta tehty käyttöohjekirja.</p>	
Avainsanat	sähköauto, Henney Kilowatt, latausjärjestelmä, sähköjärjestelmä

Authors Title	Ismo Pusula, Antti Vento Henney Kilowatt Electric Car
Number of Pages Date	25 pages + 2 appendices 08 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The aim of the thesis was to renew model year 1960 electric car Henney Kilowatt for the electricity day of 2017. Henney Kilowatt is owned by The Association of Electrical Engineers in Finland. The car renewal was started in December 2016 and was completed in January 2017. At the same time with the renewal the mechanical parts of the car were inspected and repaired. The electrical system of the vehicle was largely renewed and a wiring diagram was designed. A new charging unit was built for the charge of the batteries in the car.</p> <p>In the theory part of the thesis the development of electric cars is introduced focusing on the history of the Henney Kilowatt. The theory part also describes electric motor, batteries and charging system. The thesis also discusses the general condition of the car and the most important measures that have to be taken before the registration of the vehicle.</p> <p>The documentation of the repair will also work as a maintenance and repair manual and as a helping guide for the Henney Kilowatt electric car. This will help the future repair work of the vehicle and the vehicle can be used safely. The thesis is supplemented by a manual of the vehicle.</p>	
Keywords	electric car, Henney Kilowatt, charging system, electrical system

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähköautojen kehitys	2
2.1	Varhaiset vaiheet	2
2.2	Sähköauton uusi tuleminen	3
3	Henney Kilowatt	4
3.1	Historia	4
3.2	Henney Kilowatt Suomessa	4
4	Sähköjärjestelmä	6
5	Työn suunnittelu	9
5.1	Mekaniikka	9
5.2	Sähköjärjestelmä	10
6	Latausjärjestelmä	13
6.1	Lyijyakkujen lataus	13
6.2	Auton laturit	14
6.3	Laturin suunnittelu ja osat	14
6.3.1	Muuntaja	15
6.3.2	Tasasuuntaus	16
6.3.3	Muuntajien mitoitus	17
6.4	Laturin kokoaminen ja testaus	18
7	Auton tekninen kunto	21
8	Pohdinta	22
	Lähteet	24
	Kuvat ja kuvat	25
	Liitteet	
	Liite 1. Henney Kilowatt -käyttöohjekirja	
	Liite 2. Henney Kilowattin sähköjärjestelmän kytkentäkaaviot	

1 Johdanto

Autoilusta ja teollisuudesta aiheutuvat päästöt ovat ajankohtaisempia kuin koskaan aikaisemmin. Monet kuluttajat tahtovat tehdä arjessaan ja hankinnoissaan valintoja, jotka rasittavat ympäristöä mahdollisimman vähän. 2010-luvulla myös sähköautojen kysyntä ja tarjonta ovat lisääntyneet voimakkaasti. Sähköautoilu säästää suuren määrän poltto- sekä voiteluaineita auton koko käyttöaikana, ja tämän lisäksi sähköautolla ajamisesta ei aiheudu ympäristöä kuormittavia päästöjä. Ihmiskunnan ottaessa ensi askeleita autoilussa oli sähkötekniikka vahvasti mukana kilpailussa polttomoottorien kanssa. (Sähköautojen varhainen historia 2011.)

Henry Ford ja Thomas Edison olivat tuomassa sähköautoja saataville 1900-luvun alkupuolella, mutta vastoinkäymiset ja vuonna 1914 alkanut maailmansota siirsi hankkeen tulevaisuuteen. Sähköautojen seuraavan aallon ajatellaan yleisesti alkaneen vuonna 1990, kun General Motors esitteli Impact-nimisen sähköautoprototyypin. Lähes poikkeuksetta on kuitenkin unohdettu 1950-luvulla alkanut projekti, jonka seurauksena syntyi maailman ensimmäinen sarjatuotettu sähköauto. National Union Electric Company valmisti Renault Dauphinen koriin autovarustelija Henneyn tehtaalla sähkökonversioautoja kahtena vuonna 1959 ja 1960. Autojen tuotantomäärä jäi maltilliseksi verrattain suuren hintansa vuoksi.

Metropolia Ammattikorkeakoululta tarjottiin vuonna 2016 mahdollisuutta kunnostaa vuosimallia 1960 oleva Henney Kilowatt -sähköauto ajokuntoiseksi tammikuussa 2017 pidettyä sähkönpäivää varten. Tarjouduimme tekemään auton kunnostuksen, koska olimme aikaisemmin olleet auton kanssa tekemisissä oppilaitoksen innovaatioprojektin yhteydessä. Lehtori Vesa Linja-ahon kanssa sovittiin ajoneuvolle tehtävistä toimenpiteistä ja tavoitteista. Auto kunnostettaisiin sähköisiltä osilta mahdollisimman alkuperäistä vastaavaan kuntoon. Auton akustoille rakennettaisiin uusi latausjärjestelmä alkuperäisen 110 V:n jännitettä käyttävän tilalle. Sovittiin myös, että auton yleiskuntoa ja mahdollista tulevaisuuden korjaustarvetta arvioidaan.

Tämän opinnäytetyön kirjallisen osan tarkoitus on toimia huolto-oppaana, käyttöohjekirjana ja avustavana oppaana Henney Kilowatt -sähköautolle. Ajoneuvosta kertovaa materiaalia on saatavilla hyvin niukasti, tai se ei ole paikkansapitävää. Lisäksi laadittiin kompakti käyttöohjekirja (liite 1), jonka avulla ajoneuvoa pystytään käyttämään turvallisesti

ja ilman syvempää tutustumista ajoneuvon tekniikkaan. Opinnäytetyöhön liitetyn sähkökaavion (liite 2) avulla myös tulevaisuudessa tapahtuva vianhaku tai järjestelmän muu-
tostyö helpottuu ja nopeutuu.

Tässä työssä tarkastellaan myös kyseisen ajoneuvon historiaa ennen työn aloittamista sekä autolle vielä tarpeellisia toimenpiteitä tulevaisuudessa. Työssä käsittelee myös mekaanisten osien kunnostusta, sähköjärjestelmälle tehtyjä korjauksia sekä kunnostuksia. Työssä tarkastellaan myös, mitä on huomioitava akkujen ja laturin valinnassa käytettävyyden ja luotettavuuden kannalta. Lisäksi työssä arvioidaan myös auton katsastuksen kannalta tarpeellisia toimenpiteitä.

2 Sähköautojen kehitys

1800-luvulla ihmiskunta oli teollisessa vallankumouksessa ja uutta tekniikkaa keksittiin valtavasti. Höyryjuna mullisti liikkuvuudellaan silloisen maailman ja 1900-luvulle tultaessa hevoset siirtyivät pois vankkurien edestä ja moottorit alkoivat liikuttaa ihmisiä teillä. 1800-luvun puolivälin jälkeen kehitetty polttomoottori teki todellisen läpimurron Henry Fordin aloitettua T-mallin valmistuksen 1908. (Sähköautojen varhainen historia 2011.)

2.1 Varhaiset vaiheet

Sähkön avulla liikkuvia pieniä kärryjä oli kuitenkin kehitetty eri puolilla maailmaa jo 1830-luvulla. Ensimmäiset käytännölliset sähkökäyttöiset ajoneuvot kehitettiin jo 1800-luvun puolivälin jälkeen Englannissa ja Ranskassa, jolloin polttomoottori oli vielä kehitystas-
teella. Vuosisadan vaihtuessa oli New Yorkissa yli kuusikymmentä sähkökäyttöistä tak-
sia ja sähkökäyttöisten ajoneuvojen valmistajia oli lukuisia. Kolmannes kaikista mootto-
riajoneuvoista toimi sähköllä ja seuraavan vuosikymmenen ajan sähköautojen myynti
säilyi vahvana. (Sähköautojen varhainen historia 2011.)

Tultaessa 1900-luvulle oli hevosvankkuri edelleen pääasiallinen liikkumisen muoto, mutta uusi tekniikka teki vahvasti tuloaan. Sähkö- ja polttomoottori sekä höyrykone kä-
vivät taistelua tulevaisuuden moottoritekniikkana. Vuosisadan alussa höyrykoneella toi-
mivat autot olivat vahvoilla etenkin Yhdysvalloissa, missä niitä 1902 rekisteröitiin 485

kappaletta 909 uudesta ajoneuvosta loppujen jakaantuessa sähkö- ja polttomoottorisien ajoneuvojen kesken. (Duda 2012.)

Sähköautoilla ei ollut samoja ongelmia kuin polttomoottorilla ja höyrykoneella. Ne olivat helppokäyttöisiä ja hiljaisia eivätkä tuottaneet pahanhajuisia pakokaasuja. Niistä tulikin suosittuja kaupungeissa ja varsinkin naisten keskuudessa. Lyhyen toimintasäteensä takia ne eivät sopineet pitkille matkoille.

Henry Ford ja Thomas Edison julkistivat 1914 hankkeen, jonka päämääränä oli tuoda Yhdysvaltoihin kilpailukykyinen sähköauto jo vuonna 1915. Suunnitelmaan kuului kattaa maantieverkosto huoltoasemilla, joilla akut saisi vaihdettua täysiin mahdollistaen sähköauton käytön myös pitkillä etäisyyksillä. Hanke kuitenkin jäi toteutumatta monien sattumuksien summana. Edisonin toimittamat akut eivät toimineet oletetulla tavalla, kun ne asennettiin Fordin tehtailla autoihin. Edisonin akkulaboratorio myös tuhoutui pahoin tulipalossa. Myös samaan aikaan käynnistynyt ensimmäinen maailmansota siirsi kehityksen painon armeijan käyttöön paremmin sopivan polttomoottorin kehitykseen. (Sähköautojen varhainen historia 2011.)

2.2 Sähköauton uusi tuleminen

Seuraavilla vuosikymmenillä sähköautojen kehitys oli hyvin vähäistä, ja niiden maine oli heikko johtuen heikosta huippunopeudesta ja toimintasäteestä. 1960- ja -70 lukujen öljykriisi sai Yhdysvalloissa aikaan huolta maan riippuvuudesta ulkomailta tuodusta öljystä, jolloin kongressi käynnisti sähkö- ja hybridiajoneuvojen tutkimus- ja kehityshankkeen. Monet autonvalmistajat esittelivät prototyyppejä pienistä kaupunkisähköautoista. Tunnetuimman sähköauton esitteli kuitenkin NASA, jonka sähkökäyttöinen kuuauto Lunar Rover oli ensimmäinen miehitetty ajoneuvo, jolla ajettiin kuussa.

Suomessa valmistettiin 1980-luvulla Subarun pienoispakettiauton pohjalevyllä Elcat-sähköautoja. Suomen posti käytti Elcateja jakeluautoina aina vuoteen 2006. General Motors toi markkinoille 1996 sähköautomallin EV1, joka pystyi tarjoamaan hyvän suorituskyvyn verrattuna polttomoottoriautoihin. Samoihin aikoihin aasialaiset autonvalmistajat esittelivät hybridiautoja, jotka saavuttivat enemmän suosiota kuin EV1, jonka valmistus lopetettiin 2002.

Saavuttaessa 2000-luvulle on sähköautojen valmistajia tullut lisää ja lähes jokaisella suurella automerkillä on oma sähköautomalli. Myös täysin sähköautoihin keskittyneitä autotehtaita on tullut markkinoille.

3 Henney Kilowatt

3.1 Historia

Henney Kilowatt on maailman ensimmäisiä sarjatuotettuja sähköautoja, ja sen suunnittelu aloitettiin 1950-luvulla. Projektin käynnistänyt yritys oli National Union Electric Company, joka valmisti Exide-akkuja. Projektin pyrkimyksenä oli saada amerikkalaiset liikku- maan enemmän sähköllä. Auton valmistajaksi valittiin aikaisemmin erikoisajoneuvoja valmistanut Henney, ja sähköauton rungoksi valikoitui Renault Dauphine. Autoon oli ver- rattain yksinkertaista tehdä muutostyö sähkökäyttöön, ja sen runko oli kevyt. Henney korvasi polttomoottorin sähkömoottorilla ja sovitti sähköjärjestelmän autoon.

Ensimmäinen auto valmistui vuonna 1959 ja oli varustettu 36 voltin sähköjärjestelmällä. Ajoneuvo oli vajaatehoinen, ja seuraavaksi vuodeksi järjestelmä päivitettiin tehokkaam- paan 72 voltin järjestelmään. Vuoden 1960 malli oli varustettu 12 kappaleella 6 voltin akkuja ja moottorina toimi 7,2-kilowattinen tasavirtamoottori. Valmistaja lupasi ajoneu- volle huippunopeuden 60 mailia tunnissa ja maksimitoimintasäteen 60 mailia.

3.2 Henney Kilowatt Suomessa

Suomeen Henney Kilowatt tuotiin 1990-luvulla Tom Fabriciuksen toimesta. Autolle tehtiin ainoastaan vähäistä kunnostusta ja se päättyi säilytykseen. Auto siirtyi Sähköinsinöörili- ton omistukseen vuonna 1997. Auton akut uusittiin ja sillä suoritettiin lyhyt koeajo. (Halmkrona 2017: 27.)

Auton kori oli pahoin ruostunut johtuen vuosia kestäneestä säilytyksestä ulkona. Auton kori kunnostettiin ja maalattiin alkuperäisen väriksi. Auton sähköjärjestelmä olisi vaa- tinut myös kunnostusta, mutta sitä ei toteutettu. Auto päättyi lopulta esitteille Espoon Au- tomuseoon. (Halmkrona 2017: 27.) Kuvassa 1 on Henney Kilowatt sennäköisenä kuin se oli ennen opinnäytetyön aloittamista.



Kuva 1. Henney Kilowatt ennen työn aloittamista (Vento 2016)

2010-luvulla tapahtuneen sähköautoilun voimakkaan kasvun johdosta auton kunnostus tuli ajankohtaiseksi. Sähköinsinööriliitto otti yhteyttä Metropolia-ammattikorkeakoulun lehtori Vesa Linja-ahoon. Linja-ahon johdolla auton kunnostus alkoi autosähkötekniikan opiskelijoiden innovaatioprojektilla, jossa kartoitettiin kunnostuksen tarve ja uusittiin auton akut, pahimmin vaurioituneet johdot sekä tarkistettiin nopeudensäätimen toiminta. Lisäksi selvitettiin vaatimuksia auton rekisteröimiseksi tieliikennekäyttöön. Innovaatioprojektin jälkeen auton moottori ja moottorin ohjaus oli kunnostettu ja todettu toimivaksi. Auto ei kuitenkaan ollut ajokuntoinen.

Syksyllä 2016 Sähköinsinööriliitto pyysi autoa ajokuntoon tammikuussa vietettävää Sähkön päivää varten, jolloin sitä tarjottiin opinnäytetyönä innovaatioprojektin jäsenille. Innovaatioprojektiryhmän jäsenistä kaksi otti opinnäytetyön vastaan. Auto saatiin kunnostettua ajokuntoon tammikuussa järjestettyä Sähkön päivään varten ja kunnostus jatkui sen jälkeen muilta osin.

4 Sähköjärjestelmä

Henney Kilowatt -sähköautosta löytyy kaksi erillistä sähköjärjestelmää, joissa molemmissa on oma akustonsa (kuvat 2 ja 3). 12 voltin akulla varustettu järjestelmä on maadoitettu auton runkoon, ja 72 voltin ajoakuston sisältävä järjestelmä on puolestaan keltu.

12 voltin sähköjärjestelmään sisältyy 12 voltin akku, virtalukko, valot, vilkut, pyyhkimet ja äänimerkki. Lisäksi 12 voltin akku syöttää käyttöjännitteen ohjauspaneelille, joka säätelee moottorin nopeutta ja pyörimissuuntaa. Kunnostuksen aikana moottorille meneviin kaapeleihin kytkettiin lisäsuojaksi kontaktorit, jotka ovat releen kaltaisia kytkimiä, mutta suuremmalle virtamäärälle suunniteltuja. Niiden avulla moottorille syötettävä virta saadaan tarvittaessa katkaistua hätä-seis-painikkeesta. Kontaktoreiden ohjaamiseen käytetään 12 voltin jännitettä.

72 voltin sähköjärjestelmän akusto koostuu 12 kappaleesta 6 voltin akkuja, jotka on kytketty neljään kolmen akun pakettiin, eli jokaisen paketin nimellisjännite on 18 voltia. Järjestelmään sisältyy vain ajamiseen liittyvät osat eli akusto, sähkömoottori, ohjausreleiden kontaktit ja kontaktorien kontaktit.



Kuva 2. Ajoakusto edessä (Vento 2016)

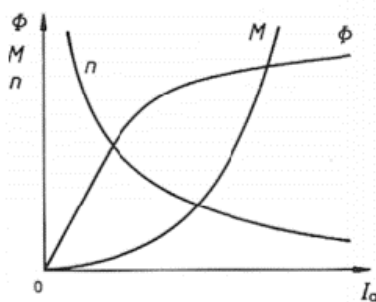


Kuva 3. Ajoakusto takana (Vento 2016)

Auton moottori on 72 voltin nimellisjännitteinen sarjamagnetoitu tasavirtamoottori. Moottorityyppiä käytettiin aikaisemmin yleisesti sähköajoneuvojen moottorina siitä saatavan hyvän vääntömomentin takia (Aura & Tonteri 1996: 297). Tässä moottorityypissä magnetointikäämin ja ankkuripiirin lävitse menee sama virta. Moottorin kuormitusvirta on samalla siis ankkuri- ja magnetoimisvirta I_a . Pienillä pyörimisnopeuksilla on magnetoinnin päävuon Φ suoraan verrannollinen ankkurivirtaan I_a , siis $\Phi = k I_a$. Sijoittamalla päävuon arvo tasasähkömoottorin yleiseen vääntömomenttiyhtälöön saadaan johdettua sarjamoottorin sähkövääntömomentiksi

$$M = C I_a^2.$$

Moottorin kuormituksen kasvaessa suurenee myös päävuon Φ arvo ja samalla myös ankkuripiirin jännitehäviö $I_a R_a$ lisääntyy. Tällöin myös pyörimisnopeus n pienenee huomattavasti. (Kuvio 1.) (Aura & Tonteri 1996: 296–297.)



Kuvio 1. Sarjamoottorin ominaiskäyrä (Aura & Tonteri 1996: 297)

Moottorin pyörimisnopeutta säädetään muuttamalla päänavoille syötettävän jännitteen suuruutta. Jännitetasoja on kolme: 18, 36 ja 72 voltia. Tasojen vaihtaminen päänavoille on toteutettu releillä, jotka kytkävät neljää 18 voltin akkupakettia rinnan tai sarjaan halutun jännitetason mukaisesti. 18 voltin jännitteellä on kolme kytkentäporrasta. Liikkeellelähdössä virta johdetaan moottorin kanssa sarjassa olevan käynnistysvastuksen lävitse. Toisessa portaassa virta kulkee suoraan moottorille. Kolmannessa vaiheessa kenttäkäämin rinnalle kytketään vastus, jolloin moottorille menevä virta kasvaa. Yhteensä autossa on viisi eri porrasta moottorin pyörimisnopeuden säätöä varten.

Moottoria käynnistettäessä on magneettivuon arvo hyvin pieni, jolloin käynnistyshetkellä moottorista saatava vääntömomentti jää pieneksi. Jos auton liikkeelle saamiseen tarvittava vääntömomentti $M_{mek} > M_{moottori,}$ ei moottori lähde pyörimään. Jos tilanne jatkuu riittävän kauan, kuumentaa käynnistysvirta kommutaattorin, joka saattaa vahingoittua pysyvästi. Autossa on moottorin käynnistys toteutettu käynnistysvastuksen avulla. Jos moottori käynnistettäisiin pysähdyksistä ilman käynnistysvastusta, olisi akusto käytännössä oikosulussa. Ainoa virtaa rajoittava tekijä olisi ankkuripiirin resistanssi, joka on hyvin pieni. Tällöin virta kasvaisi haitallisen korkealle. (Aura & Tonteri 1996: 292.)

Tasavirtasarjamoottorin suunnanvaihto voidaan toteuttaa vaihtamalla napaisuus ankkuriravainoilla tai muuttamalla magnetointivirran kulkusuunta päinvastaiseksi (Aura & Tonteri 1996: 450). Autossa moottorin suunnanvaihto oli toteutettu magnetointivirran suuntaa muuttamalla. Auton kojelaudassa olevalla kytkimellä ohjataan kahta relettä, joilla virta saadaan ohjattua kulloinkin haluttua reittiä.

5 Työn suunnittelu

Auton omistaja oli toivonut saavansa auton ajokuntoiseksi 23. tammikuuta 2017 vietettyä Sähkön päivää varten. Autoa oli tarkoitus esitellä televisiossa ja saada tapahtumalle huomiota sekä näkyvyyttä. Työn alkaessa oli Sähkön päivään alle kaksi kuukautta aikaa, joten aikataulussa priorisoitiin auton ajokuntoisuus. Autoon suunnitellut muut työvaiheet, kuten akuston laturin suunnittelu ja kokoaminen, päätettiin siirtää toteutettavaksi Sähkön päivän jälkeen.

5.1 Mekaniikka

Ajoneuvolle aikaisemmin suoritettujen kunnostuksen seurauksena oli siitä purettu lähes kaikki helposti irrotettavat osat pois. Autosta puuttui paljon osia muun muassa virta-avain, sisustan osia, osa valoista, virran syöttöä säätelevä vaijeri, käsijarrun käyttötanko, akkujen kiinnikkeet sekä suuri määrä pienempiä osia.

Auton ajokuntoon saamisen kannalta tärkein asia oli saada tehtyä autoon uusi syöttövaijeri. Tarpeeseen hankittiin 2 mm:n paksuista kytkinvaijeria ja siihen sopivaa vaijerin

kuorta. Vaijeri ja kuori mitoitettiin autoon sopivaksi hyväksikäyttäen autossa olleita kiinnityspisteitä ja kannakkeita. Kuoren molempiin päihin sorvattiin lieriön muotoiset porras-tetut holkit alumiinista, jotta se saatiin kiinnitettyä alkuperäisiin kannakkeisiin. Vaijerin kiinnittämiseksi akkujen ohjauspöydän säätimelle koneistettiin alumiinista kiinnike, joka salli vaijerin vapaan liikkumisen. Vaijerin kiinnitys polkimeen toteutettiin puristamalla vaijeri kiinnityspisteeseen kahdella lattaraudalla ja pulttikiinnityksellä. Tämä ei ollut optimaalinen kiinnitystapa, koska ääriasennossa vaijeriin aiheutui epätoivottu taite. Autoon tehtiin seisontajarrukahvan ja -käyttövivun välille vaijeri, jolla myös seisonta jarru saatiin toimivaksi.

Akkujen kiinnikkeet puuttuivat myös ja ne päädyttiin toteuttamaan vastaavista autoista löytyneiden kuvien mukaisiksi. Toteutuksessa 5 mm:n paksuisiin kierretankoihin tehtiin lenkki toiseen päähän, ja ne kiinnittyivät akkutelineissä oleviin renkaisiin. Kierretangot puristivat kulmarautoja akkuja vasten kiilaten ne akkutelinettä tai toisiaan vasten estäen niiden liikkumisen.

Neljä vuorokautta ennen Sähkön päivää auton omistaja ilmoitti löytäneensä joitain osia, jotka mahdollisesti kuuluvat autoon. Osia oli useita laatikoita, ja niiden seassa oli autoon hankittuja varaosia, sillä joitain osia oli useampia kappaleita. Autoon saatiin tällöin suurin osa puuttuvista osista ja joitain rikkiäisiä komponentteja korvattiin ehjillä. Auton sisusta jäi kuitenkin suurelta osin puutteelliseksi.

5.2 Sähköjärjestelmä

Ajoneuvon sähköjärjestelmä oli pääsääntöisesti alkuperäisessä kunnossa, mutta suurelta osin purettu. Auton sähköjärjestelmästä ei ollut saatavilla täydellistä sähkökaaviota, joten autolle täytyi suorittaa käänteinen sähkökaavion luonti olemassa olevien laitteiden ja johtojen avulla.

Osa auton johdoista oli uusittu ja moottorin nopeudensäädin oli todettu toimivaksi aikaisemmin innovaatioprojektissa. Tuolloin moottorin nopeudenohjainpaneelin releille suoritettiin kelan vastuksen mittausta. Vastusmittauksella varmistettiin, ettei kelan käämitys ole poikki tai oikosulussa sen ohjaamien kontaktien kanssa. Releitä ohjataan mikrokytkimillä, joiden toiminta tarkastettiin mittaamalla jatkuvuus kytkimen sulkeutuessa. Ennen

ajoakuston kytkemistä järjestelmään simuloitiin ajoakusto sijoittamalla kaksi sarjaan kytkettyä 9 voltin paristoa jokaisen akkupaketin tilalle. Näin pystyttiin varmistamaan mittaamalla kytkennän oikeellisuuden turvallisesti. Ohjainpaneelin (kuva 4) toiminnasta oli saatavilla kytkentäkaavio, jonka avulla pystyttiin mittaamaan ohjauspaneelin toiminta.



Kuva 4. Moottorin jännitetason ohjauspaneeli (Vento 2016)

Sähköjärjestelmän osalta keskityttiin aluksi ajoneuvon liikkumiseen ja turvallisuuteen vaikuttaviin asioihin. Sähkön päivää varten ajoneuvon piti olla ajokuntoinen ja siinä täytyi olla tarvittavat valot. Lisäksi ajoneuvon piti olla turvallinen ajaa. Ajoneuvon liikkuminen, valojen kunnostus ja hätä-seis-painikkeen asennus kontaktoreineen priorisoitiin ensisijaisiksi tehtäviksi.

Autosta puuttui kytkennät 12 voltin sähköjärjestelmälle. Työ aloitettiin selvittämällä auton maadoitustapa olemassa olevien johtojen perusteella. 12 voltin akun miinusnavan todettiin olevan kytketty auton runkoon. Auton johdotukset ja kytkimien toiminnot pyrittiin pitämään alkuperäisen kaltaisina. Autossa olleiden johtojen ja toimilaitteiden pohjalta luotiin kytkentäkaavio (liite 2), jonka mukaan auton sähköjärjestelmä toteutettiin.

Autossa ei ollut täysin varmaa tapaa katkaista virran kulkua moottorille vikatilanteessa. Virran kulkua muutetaan mekaanisesti ohjainpaneelissa. Tällöin on mahdollista, että esimerkiksi mekaaninen vika tai lika saa virransyötön jäämään päälle. Moottorin päänavoille ja kenttääkäämille menevien johtojen kanssa sarjaan sijoitettiin kontaktorit. Kontaktoreja ohjaamista varten kojelaudan alapuolelle asennettiin hätä-seis-painike (kuva 5). Kontak-

torit kytkettiin siten, että kontaktorit sulkeutuvat syötettäessä niihin 12 voltin jännite. Vir-
talukon ollessa 0-asennossa tai kun hätä-seis-painike on aktivoituna, ovat kontaktorit
avoimessa tilassa eikä virta pääse tällöin kulkemaan moottorille.



Kuva 5. Kojelaudan alle sijoitettu hätä-seis-painike ja ajoakuston jännite- ja virtamittari (Vento 2016)

Alkuperäisistä johdoista osa täytyi kunnostuksen yhteydessä uusia. Valojen ohjauksen kiertokytkin oli myös vaurioitunut. Sähköinsinööriiltä saaduista varaosista löytyi siihen korvaava ehjä kytkin. Suuntavalon kytkimessä esiintyi kulumisen aiheuttamaa kosketushäiriötä. Kytkimen kontaktipinnat olivat pahoin hapettuneet ja kuluneet. Korvaavaa kytkintä ei ollut saatavilla, joten kytkin säädettiin tilaan, jossa se toimii kohtalaisen hyvin.

Auton suuntavaloja ohjaavan releen havaittiin olevan viallinen. Vaurioituneesta releestä ja mahdollisesti puuttuvista lisäreleistä ei pystytty varmasti määrittämään mitenkä suuntavalot olivat kytketty. Autoon päädyttiin toteuttamaan Yhdysvalloissa valmistetuissa autoissa yleisesti käytetty kytkentä, jossa suunta- ja jarruvalo toimivat samassa valoumpiossa. Kytkentää tehtäessä havaittiin myös, että jarrupääsylinterissä kiinteästi oleva jarruvalon kytkin toimi satunnaisesti. Autoon asennettiin uusi jarruvalokytkin, joka kiinnitettiin jarrupolkimen akseliin. (Liite 2.)

6 Latausjärjestelmä

Henney Kilowatt -sähköautossa on kaksi erillistä akustoa. Akustot ovat eri jännitetasoilla, joten molemmille akustoille täytyy olla oma latauslaite. Autossa oli alun perin asennettu molemmille järjestelmille latauslaite, joka toimi Yhdysvalloissa käytössä olevalla vaihtojännitteellä 120 V 60 Hz. Alkuperäisistä latureista toinen puuttui ja jäljellä oleva oli niin huonossa kunnossa, ettei sitä voitu kytkeä jännitteiseksi (kuva 6). Jotta autoa pystyisi lataamaan vaivattomasti ilman ulkoisia laitteita, täytyi siihen tehdä uudet latauslaitteet molemmille akustoille.



Kuva 6. Alkuperäinen ajoakuston laturi (Vento 2016)

6.1 Lyijyakkujen lataus

12 voltin akun latausjännitteen tulisi olla akun navoista mitattuna 14,2–14,4 voltia +25 °C:n lämpötilassa, ja vastaavasti 24 voltin akun latausjännitteen tulisi olla 28,4–28,8 voltia (Teknistä tietoa 2014: 166). Tämän tiedon perusteella saadaan latausjännitteeksi 2,36–2,4 voltia kennoa kohti. Esimerkiksi 72 voltin akkupaketin lataukseen tarvittaisiin 85–86,4 voltin jännite.

Latausvirta tulee rajoittaa kymmenesosaan akun 20 tunnin kapasiteetista, kun käytetään muuta kuin elektronisesti ohjattua latauslaitetta (Teknistä tietoa 2014: 173).

Lämpötilan noustessa yli +40 °C:n lämpötilan varauksen aikana täytyy varaaminen lopettaa kahdeksi tunniksi. Kahden tunnin tauon jälkeen voidaan jatkaa puolella teholla, kunnes akku on täynnä. (Teknistä tietoa 2014: 173.)

Varaamisen aikana täytyy huolehtia hyvästä tuuletuksesta (Teknistä tietoa 2014: 173) ja varata akut avoimessa tilassa, jotta lämpötila ei nousisi liikaa ja latauksessa muodostuva kaasu pääsee tuulettumaan pois.

6.2 Auton laturit

Alkuperäiset laturit olivat käyttökelvottomia, kuten aiemmin mainittiin. Autoon lähdettiin toteuttamaan latureita, jotka perustuvat rengassydänmuuntajiin. Perustoteutukseltaan tämä laturimalli on hyvin yksinkertainen, joten se sopii tämän ikäluokan autoon. Laturiin tarvitaan vain rengassydänmuuntaja, tasasuuntaussilta, sulakkeet ja virtakytkin.

Ajoakustojen latausta suunniteltaessa haluttiin latausvirran jäävän selkeästi alemmaksi kuin akkujen valmistajan ilmoittama korkein latausvirta joka oli 14 ampeeria. Halutuksi arvoksi suunniteltiin 5–10 ampeerin latausvirtaa. Tällaisella virralla akustoa saataisiin ladata kahdeksan tunnin aikana 30–60 prosenttia kokonaiskapasiteetista. Auton käyttö on vähäistä ja akuston varaus ei todennäköisesti tule koskaan laskemaan yli 50 prosenttia latauskertojen välillä.

6.3 Laturin suunnittelu ja osat

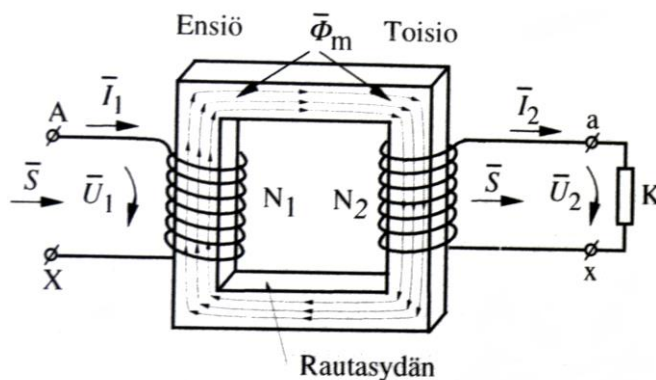
Aluksi laturi suunniteltiin ja mietittiin, mitä osia siihen tarvitaan. Tarvittavat osat tilattiin Farnellilta. Osia jouduttiin tilaamaan muutaman kerran huonojen tai vääränlaisien osien sekä mitoitusvirheen takia. Lopulta laturi koostui seuraavista osista:

- kotelo
- 2 x 30 V:n muuntaja
- 2 x 6 V:n muuntaja
- tasasuuntaussiltoja 2 kappaletta
- kytkimiä 2 kappaletta

- sulakerasioita 3 kappaletta
- analoginen virtamittari (15 A).

6.3.1 Muuntaja

Muuntaja on sähkömagneettinen laite, joka muuntaa vaihtosähköjännitteen tai -virran samalla taajuudella olevaksi toiseksi jännitteeksi tai virraksi. Muuntajassa on yksinkertaisimmillaan saman rautasydämen ympärillä vain kaksi toisistaan eristettyä käämiä. Käämejä kutsutaan ensiö- ja toisiokäämiksi. Virtapiiristä toiseen energia siirtyy keskinäisinduktanssilla. Ensiökäämiin johdetun vaihtovirran seurauksena rautasydämen muuttuva magneettivuoto indusoi puolestaan jännitteen toisiokäämiin. (Kuvio 2.) (Aura & Tonteri 1996: 10–11.)



Kuvio 2. Ihanteellisen yksivaihemuuntajan toimintaperiaate (Aura & Tonteri 2005: 269)

Ensiö- ja toisiokäämien jännitteiden suhteesta käytetään nimitystä muuntosuhde. Häviöttömässä muuntajassa muuntosuhde on sama kuin käämien kierroslukujen suhde tai virtojen suhteen käänteisarvo:

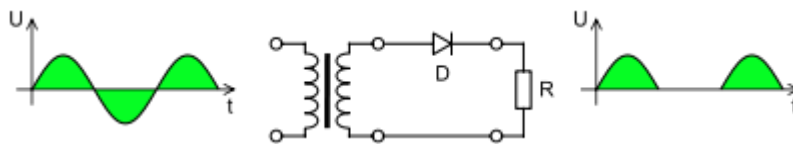
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

missä U_1 on jännite ensiökäämissä, U_2 jännite toisiokäämissä, N_1 kierroslukumäärä ensiökäämissä, N_2 kierroslukumäärä toisiokäämissä, I_1 virta ensiökäämissä ja I_2 virta toisiokäämissä. (Aura & Tonteri 1996: 10.)

6.3.2 Tasasuuntaus

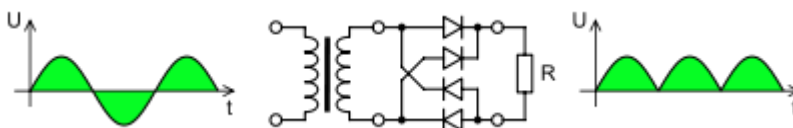
Tasasuuntauksella saadaan muutettua vaihtovirta sykkiväksi tasavirraksi. Aiemmin tasasuuntaukseen on käytetty seleeni- ja elohopeatasasuuntaajia. Nykyään tasasuuntaaminen toteutetaan pii- ja Schottky-diodeilla. On olemassa puoli- ja kokoaaltotasasuuntauskytkentöjä. Yleisin käyttökohte on elektroniikkalaitteiden verkkolaitteet, joissa muunnetaan vaihtojännite tasajännitteeksi. (Aura & Tonteri 2005: 397–398.)

Puoliaaltotasasuuntaus (kuvio 3) on helppo ja yksikertainen rakentaa, koska siihen riittää pelkästään yksi diodi. Huonona puolena tässä kytkennässä on, että sillä pystytään hyödyntämään vaihtovirrasta vain joka toinen pulssi. (Aura & Tonteri 2005: 398.)



Kuvio 3. Puoliaaltotasasuuntauskytkentä (Dvorak 2011)

Kokoaaltotasasuuntauksella saadaan hyödynnettyä vaihtojännitteen molemmat puolijaksot (Aura & Tonteri 2005: 398). Neljän diodin kytkentää kutsutaan myös Graetz-kytkennäksi (kuvio 4). Neljän diodin kytkentä on helppo toteuttaa tasasuuntaussillalla, jossa on valmiiksi paketoitu neljän diodin muodostama diodisilta yhden komponentin sisään.



Kuvio 4. Kokoaaltotasasuuntaus neljällä diodilla (Dvorak 2011)

Kokoaaltotasasuuntaus voidaan toteuttaa kahdella diodilla vain, jos käytössä on keskiulostulollinen muuntaja (kuvio 5). Etuna diodisiltaan nähden on pienempi jännitehäviö. (Aura & Tonteri 2005: 397–398.)

Mittaustulosten (taulukko 1) perusteella 65 voltin muuntaja olisi sopivan kokoinen ajoakuston lataukseen. Lähimmät saatavilla olevat vaihtoehdot olivat 60 ja 70 volttia. Aiemmin oli jo kokeiltu 70 voltin muuntajaa, jolla virta nousi liian korkeaksi, joten valittiin 60 voltin muuntaja. Mittausten perusteella sillä saataisiin noin 3 ampeerin latausvirta.

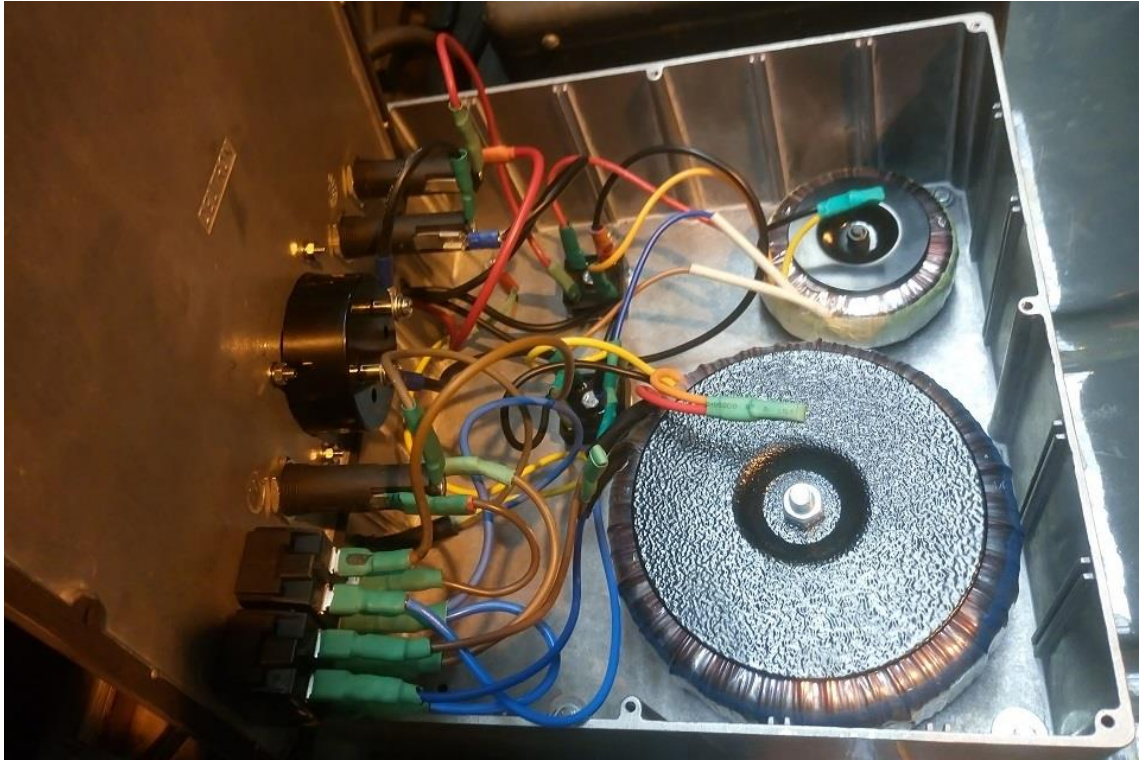
Taulukko 1. Säättömuuntajan kuorma- ja tyhjäkäyntijännitteet halutuille virroille

Virta (A)	U_{kuorma} (V)	$U_{tyhjäkäynti}$ (V)
15	73	90
8	69	74
5	65	69
3	62	64
1	58	59

6.4 Laturin kokoaminen ja testaus

Kokoaminen aloitettiin poraamalla koteloon reiät sulakerasioille, kytkimille ja johdoille sekä virtamittarin, muuntajien ja tasasuuntaussiltojen kiinnitysruuveille. Lisäksi siihen jyr-sittiin jyrsimellä reikä analogiselle virtamittarille.

Osat liitettiin kiinni toisiinsa juottamalla tai käyttämällä abiko-liittimiä johtojen päissä. Lisäksi liitoskohdat suojattiin kutistesukalla (kuva 8). Liittämistavat otettiin huomioon jo osien valinnassa, jotta ne saataisiin liitettyä toisiinsa helposti kasausvaiheessa.



Kuva 8. Laturin sisäiset kytkennät ja osien sijoittelu (Vento 2017)

Laturissa virta kulkee 230 voltin sulakkeen kautta kytkimille ja kytkimiltä edelleen muuntajille, josta se kulkee eteenpäin tasasuuntaussilloille. 72 voltin laturissa tasasuuntausilalta virta kulkee virtamittarille ja siitä edelleen sulakkeen kautta ajoakustolle. 12 voltin laturissa virta kulkee suoraan tasasuuntaussillalta sulakkeen kautta akulle.

Laturin (kuva 9) valmistuessa sille suoritettiin mittauksia, joissa kiinnitettiin huomiota erityisesti laturilta akuille kulkeviin virtoihin. 12 voltin laturi syötti akulle noin 3 ampeerin virtaa ja 72 voltin laturin virransyöttö tasaantui noin 5 ampeerin paikkeille. Laturin syöttämät jännitteet nousivat tasaisesti akkujen varauksien kasvaessa ja pysyivät hieman akkujen varausjännitteiden yläpuolella. Mittauksilla saatiin selville latausvirtojen ja -jännitteiden olevan halutuilla tasoilla, joten laturi todettiin toimivaksi ja tarkoitukseen sopivaksi.



Kuva 9. Uusi laturi ylhäältä päin kuvattuna, vasemmalla lähtöjen sulakkeet, keskellä virtamittari, oikealla tulon sulake ja laturin kytkimet (Vento 2017)

7 Auton tekninen kunto

Työssä keskityttiin saamaan auto teknisesti toimivaksi ja turvallisesti ajaa lyhyitä matkoja niin yleisellä tiellä kuin messuilla. Työssä ei pyritty kunnostamaan autoa teknisesti moitteettomaan kuntoon. Työn aikana autossa havaittiin vikoja ja puutteita, jotka eivät vaikuta tekniseen toimintaan ja ajamiseen, mutta voivat olla esteenä auton katsastamiselle.

Auton kori on aikaisemmin tehdyn ruostekorjauksen jäljiltä hyvässä kunnossa, eikä korissa ole ruostetta käytännössä lainkaan. Auton maalipinnassa puolestaan on muutama naarmu ja ennen maalausta tehdyissä pohjustuksissa tapahtunut virhe. Maalipinta on yleisesti kohtalaisen hyvässä kunnossa, joten virheiden korjaamiseksi riittää auton maalaaminen paneeleista, joissa virheitä löytyy.

Auton sisustassa on suuria puutteita ja olemassa olevat sisustuksen osat ovat melko huonossa kunnossa. Henney Kilowattissa on sama sisusta kuin Renault Dauphinessa. Autoon on teoriassa mahdollista hankkia korvaava sisustus toisesta autosta. Hyväkuntoisen sisustuksen löytäminen voi osoittautua hankalaksi. Todennäköisesti ainoa vaihtoehto on teettää uusi sisustus verhoilijalla. Auton sisusta on malliltaan yksinkertainen, ja sen kopiaaminen ei ole kovinkaan haastava tehtävä ammattilaiselle. Suurin haaste on saada puuttuvista osista mallit kopioiden tekoa varten. Suomen Renault-kerhon jäsenillä on omistuksessaan Renault Dauphineja, joten heidän kauttaan varmasti saa lisätietoa sisustuksesta ja puuttuvista osista.

Innovaatioprojektissa oli selvitetty autolle asetetut vaatimukset rekisteröinnille tieliikenteeseen ja lisävaatimukset museorekisteröinnille. Auton tulisi täyttää katsastuksessa samat vaatimukset kuin muidenkin autojen. Työn aikana havaittiin muutamia asioita, jotka saattavat estää auton katsastuksen Suomessa.

Auton tuulilasinpyyhkimien moottori vivustoineen oli jumiutunut, eikä niitä kunnostettu työn aikana. Moottoria ei kytketty tästä syystä sähköjärjestelmään. Pyyhkimien moottori on todennäköisesti jumiutunut ja vaatii huoltoa. Tuulilasin puhdistukseen autossa oli mekaaninen pumppu, jolla pumpattiin tuulilasinpesunestettä lasille. Pumppua ei ole asennettu autoon, mutta se on kunnostettu ja todettu toimivaksi.

Lisäksi ennen katsastusta on suositeltavaa huoltaa auton jarrujärjestelmä perusteellisesti ja tarkastaa auton nivelien ja nivelien suojakumien kunto.

8 Pohdinta

Aloittaessamme auton kunnostusta oli hyvin epäselvää, miten auton kunnostus tulee etenemään. Autosta puuttui huomattava määrä osia ja tuntui lähes mahdottomalta saada niistä lähtökohdista autoa täyttämään tieliikennelain määräykset kaikilta osin. Tutkimme internetissä olevia foorumeita ja kauppvoja yrittäen selvittää mahdollisuutta hankkia korvaavia osia. Nopeasti kävi kuitenkin ilmi, että auton valmistumisen aikaan autonvalmistajat muuttivat mallejaan hyvinkin tiheästi. Tämä tarkoitti, että samana vuonna saattoi olla saatavana useita erilaisia variaatioita varusteissa ja korinosissa. Emme siis pystyneet täysin varmasti määrittämään, mitä olimme etsimässä. Työn kannalta oli onnekasta, että autoon löytyi puuttuvat osat. Koska osat löytyivät vasta muutamaa päivää ennen määräaikaa, työstä suurin osa tehtiinkin muutaman vuorokauden aikana. Auto kuitenkin saatiin jopa parempaan kuntoon kuin aluksi oli arvioitu.

Latureiden rakennuksessa oli muutamia vaihtoehtoja toteutukselle, mutta haluttiin pitää alkuperäisen kaltaisessa rakenteessa. Ajoakuston latauksessa tehtiin yksinkertaisia oletuksia toimivuudesta, minkä seurauksena osia jouduttiin tilaamaan useaan kertaan tavoitellun toimivuuden saavuttamiseksi. Tämä olisi voitu välttää toteuttamalla muuntajan mitoitus säätömuuntajalla jo suunnitteluvaiheessa.

Insinööriyön kirjallista osuutta tehdessä selvisi kontaktoreiden kytkennässä olevan riski, joka saattaa vaurioittaa moottoria. Mikäli kenttäkäämin irrottamiseen käytetty kontaktori avautuisi ilman, että moottorin kontaktori aukeasi samalla hetkellä ja auton nopeudensäädin olisi asennossa kolme, tulisi moottoriin ankkurinavoille edelleen virta. Tällöin syntyisi tilanne, jossa moottorin magneettivuo pienenisi rajusti ja ankkuripiirin virta kasvaisi hallitsemattomasti. Tällöin moottori ryntäisi ja kommutaattoriin syttyisi kehätuli, jonka seurauksena moottori vaurioituisi. Riski on tosin teoreettinen, mutta silti olemassa. Ratkaisuna ongelmaan on poistaa kontaktori magnetoimispiiristä. (Aura & Tonteri 1996: 293.)

Työn tuloksena auto on tavoitellussa kunnossa ja se toimii hyvin esittely- ja messukäytössä. Auto on mahdollista rekisteröidä liikennekäyttöön pienillä lisätoilla. Jotta autosta

saisi alkuperäisessä kunnossa olevan, vaatisi se ammattimaista entisöintiä. Entisöinnin hinta tulisi todennäköisesti nousemaan kymmeniin tuhansiin euroihin. Auto on kuitenkin jo nykyisessä kunnossaan esittelykuntoinen ja sopii Sähköinsinööriliiton esittelyautoksi.

Lähteet

Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Helsinki: WSOY.

Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 2005. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. Helsinki: WSOY.

Duda, Steve. 2012. Steam-car speed record of 148 mph on the line. Verkkodokumentti. <<http://earthtechling.com/2012/05/steam-car-speed-record-of-148-mph-is-on-the-line/>>. Luettu 1.5.2017.

Dvorak, Walter. 2011. Rectifier. Wikipedia, the free encyclopedia. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Rectifier>>. Luettu 8.5.2017

Hart, Lee. 2015. Contactor Controllers – The 1960 Henney Kilowatt. Verkkodokumentti. <<http://www.sunrise-ev.com/photos/Controllers/henney.gif>>. Luettu 1.5.2017.

Halmkrona, Janne. 2017. Jännitystä teille. Mobilisti 2/17, s. 26–32.

Sähköautojen varhainen historia. 2011. Verkkodokumentti. Sähköautot - Nyt!. <<http://www.sahkoautot.fi/wiki:historia>>. Luettu 1.5.2017.

Teknistä tietoa. 2014. Verkkodokumentti. Exide Finland Oy. <http://exide.fi/wp-content/uploads/sites/15/2014/11/Exide_fi_Teknisk_info.pdf>. Luettu 10.4.2017.

Kuvat ja kuviot

Kuva 1 Henney Kilowatt ennen työn aloittamista (Vento 2016)

Kuva 2 Ajoakusto edessä (Vento 2016)

Kuva 3 Ajoakusto takana (Vento 2016)

Kuva 4 Moottorin jännitetason ohjauspaneeli (Vento 2016)

Kuva 5 Kojelaudan alle sijoitettu hätä-seis-painike ja ajoakuston jännite- ja virtamittari (Vento 2016)

Kuva 6 Alkuperäinen ajoakuston laturi (Vento 2016)

Kuva 7 Muuntajan mitoittaminen säätömuuntajalla, kuvassa vasemmalla säätömuuntaja (Vento 2017)

Kuva 8 Laturin sisäiset kytkennät ja osien sijoittelu (Vento 2017)

Kuva 9 Uusi laturi ylhäältä päin kuvattuna, vasemmalla lähtöjen sulakkeet, keskellä virtamittari, oikealla tulon sulake ja laturin kytkimet (Vento 2017)

Kuvio 1 Sarjamoottorin ominaiskäyrä (Aura & Tonteri 1996: 297)

Kuvio 2 Ihanteellisen yksivaihemuuntajan toimintaperiaate (Aura & Tonteri 2005: 269)

Kuvio 3 Puoliaaltotasasuuntauskytkentä (Dvorak 2011)

Kuvio 4 Kokoaaltotasasuuntaus neljällä diodilla (Dvorak 2011)

Kuvio 5 Kokoaaltotasasuuntaus kahdella diodilla (Dvorak 2011)

Henney Kilowatt -käyttöohjekirja

Tämä ohjekirja on tarkoitettu Henney Kilowatt -sähköauton käyttöä ja ylläpitoa helpottavaksi oppaaksi. Kirjassa käydään lävitse auton ajamiseen, toimilaitteisiin ja akustoihin liittyvät asiat.

Turvallisuus

Autossa olevat sähköjärjestelmät eivät ole suurijännitteisiä, mutta tahattoman oikosulun sattuessa oikosulkuvirta voi kasvaa hyvinkin suureksi. Tällöin vakavan loukkaantumisen riski on olemassa.

Akustojen läheisyydessä työskennellessä ja luokkuja suljettaessa on varottava akkujen napojen oikosulkemista. Akkutiloissa ei saa säilyttää irrallisia tavaroita tai työkaluja.

Moottorille tai moottorin ohjauslaitteille tehtävässä huoltotyössä pitää huolehtia, että järjestelmä on jännitteetön ennen työn aloitusta.

Säilytys

Autoa valmisteltaessa säilytykseen tulee auton akut ladata täyteen ja tarkastaa akkukennojen nestemäärä. Tarvittaessa akkuihin tulee lisätä akkuvettä. Akut tulee kytkeä irti säilytyksen ajaksi, jotta akut eivät pääse tyhjenemään.

12 V:n järjestelmästä irrotetaan akun miinusnavasta akkukenkä.

72 V:n järjestelmästä irrotetaan 200 A:n sulake auton etu- ja takaosan akkutiloista.

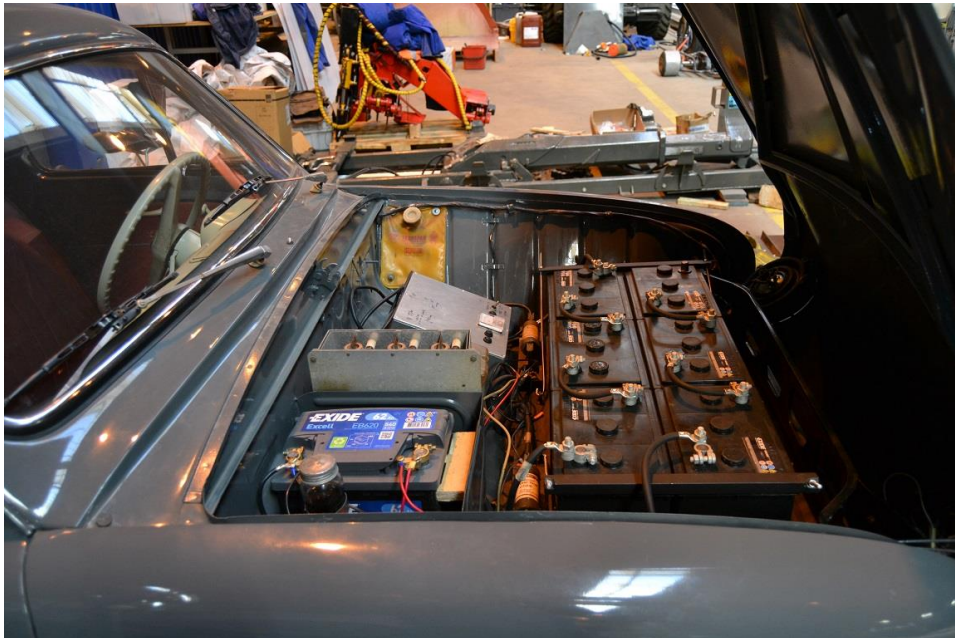
Säilytyksen aikana tulee akkuja varaus tarkastaa ja tarvittaessa ladata akkuja kuukauden välein. Säännöllisesti on syytä mitata jännite kustakin akusta ja varmistaa akkujen tasainen latautuminen.

Akut

Autossa on kaksi toisistaan erillistä sähköjärjestelmää, 72 V:n ja 12 V:n nimellisjännitteiset.

72 V:n akusto muodostuu neljästä $3 \cdot 6$ V:n akkupaketista, joten yhden akkupaketin jännite on siis 18 V. Tämä akusto toimii auton ajoakustona (kuvat 1 ja 2).

12 V:n sähköjärjestelmä muodostuu yhdestä 12 V:n akusta (kuva 1). Sähköjärjestelmään on liitetty ajoakuston ohjaus ja auton muut sähkölaitteet.



Kuva 1. Kuva konepellin alta, vasemmalla 12 V:n akku ja oikealle 6 kappaletta 6 V:n akkuja eli kaksi kappaletta $3 \cdot 6$ V:n akkupakettia



Kuva 2. Kuva takaluukun alta, 6 kappaletta 6 V akkuja eli kaksi kappaletta 3 * 6 V akkupakettia, vasemmassa ja oikeassa yläkulmassa näkyy akkupakettien sulakkeet

Valot ja vilkut

Auton valot kytketään päälle ohjauspyörän vasemmalla puolella olevasta kiertokytkimestä (kuva 3). Kytintä kiertämällä ensin syttyvät auton etu- ja takavalot sekä rekisterikilven valo. Kytintä lisää kääntämällä syttyvät auton ajovalot.

Ajovaloissa on lähi- ja kaukovalot. Valojen vaihtokytkin on jalalla käytettävä ja sijaitsee jarrupolkimen vasemmalla puolella.

Vilkut kytketään päälle ohjauspyörän oikealla puolella sijaitsevasta vipukytimestä (kuva 3). Vipua nostamalla vilkut kytkeytyvät vasemmalle ja kytintä laskemalla vilkut kytkeytyvät oikealle.



Kuva 3. Ohjauspyörä, rattiakselin vasemmalla puolella valokytin ja oikealla vilkkuviiksi

Ajovaloissa ei ole vaihdettavaa polttimoa. Valoumpio on suljettu ja täytetty inertillä kaasulla.

Etuvalot ja etuvilkut ovat yhteisessä valoumpiossa. Polttimo on tyypiltään P21/5W.

Valon vaihtamiseksi tulee valon kuvusta irrottaa kaksi ruuvia ja poistaa kupu. Polttimo irtoaa kannasta kiertämällä.

Takavalot ja takavilkut ovat yhteisessä valoumpiossa. Polttimo on tyypiltään P21/5W.

Polttimon vaihtamiseksi tulee avata takakansi. Polttimon kanta on umpiossa kiinni jousella ja se irrotetaan vetämällä kevyesti pois päin umpiosta. Polttimo irtoaa kannasta kiertämällä.

Rekisterikilven valo on tyypiltään P5W. Polttimoita on umpiossa kaksi kappaletta. Polttimon vaihtamiseksi tulee irrottaa umpion molemmilta puolilta ruuvi, jolloin umpion kupu aukeaa. Polttimo irtoaa kannasta kiertämällä.

Ajaminen

Ennen auton ajamista tulee varmistaa, että ajoakusto on kytketty, akkujen navat ovat kiinni ja laturi on irrotettu.

Kojelaudan keskikohdalla on hätä-seis-painike (kuva 4), joka aktivoi moottoriin kytketyt kontaktorit jotka irrottavat moottorin akustoista. Hätä-seis-painike tulee olla vapautettuna, jotta autolla pystyy ajamaan. Mikäli moottori täytyy saada kytkettyä irti teknisen vian takia tai jostain muusta syystä, tulee hätä-seis-painike painaa pohjaan.

Ohjauspyörän akselin oikealla puolella olevasta virta-avaimesta käännettäessä kytkeytyy auton sähköjärjestelmä päälle.

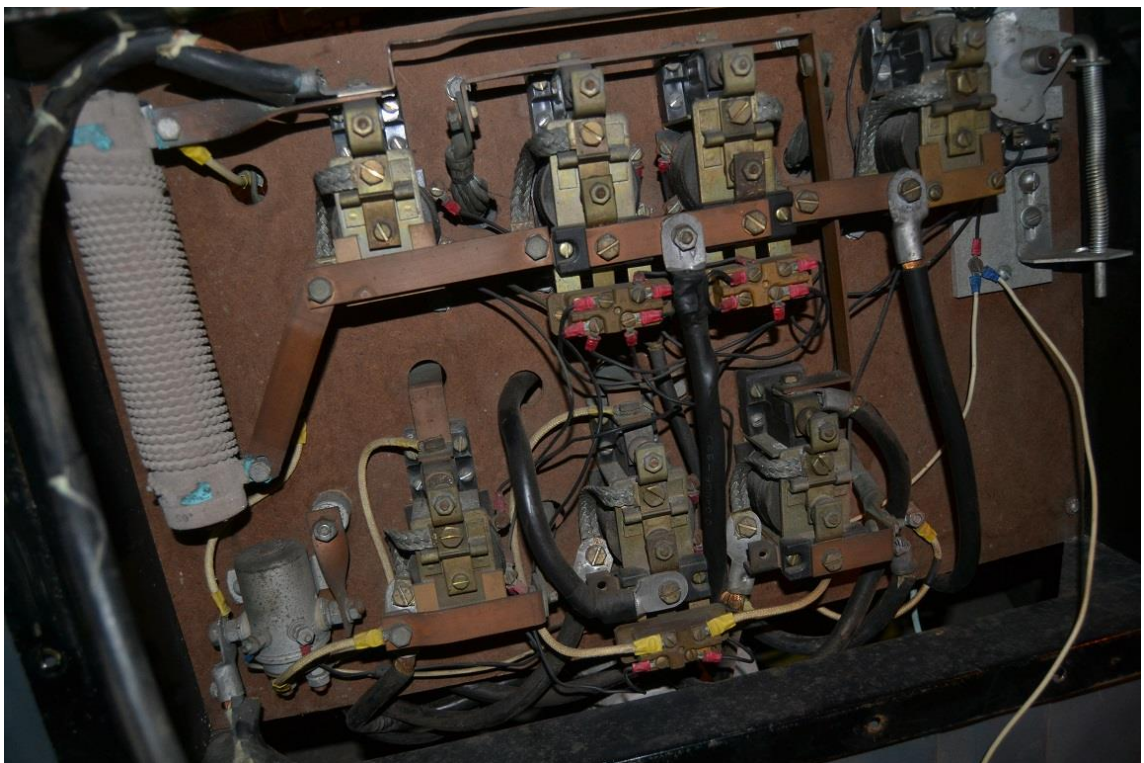
Kojelaudan keskellä, jännite- ja virtamittarien välissä on suunnan valintakytkin (kuva 4), josta valitaan haluttu ajosuunta.



Kuva 4. Ajoakuston mittaristo, ajosuunnanvalinta-kytkin ja hätä-seis-painike

Virtojen ollessa kytkettynä, hätäseis-kytkimen ollessa vapautettuna ja ajosuunta valittuna auto lähtee liikkeelle painamalla oikean puoleista poljinta jalalla. Autossa on viisi eri ajonopeutta.

Auton takapenkkien takaa löytyvät moottoria ohjaavat releet (kuva 5). Releet ohjaavat akkupaketteja sarjaan ja rinnan oikeasta yläkulmasta löytyvien mikrokytkimien asennoista riippuen. Mikrokytkimiä ohjaa metallinen levy, joka on työstetty juuri oikean muotoiseksi oikeiden mikrokytkimien kytkeytymiseksi. Metallilevyä pyöritetään ”kaasupolkimelta” tulevalla vaijerilla.



Kuva 5. Moottorin jännitetason ohjauspaneeli

Jarrua käytetään vasemmanpuoleisesta polkimesta. Seisontajarrun käyttövipu löytyy penkkien välistä. Seisontajarru tulee olla vapautettuna autolla ajettaessa.

Lataus

Autossa on sisäänrakennettu laturi (kuva 6) 12 V:n ja 72 V:n sähköjärjestelmille. Laturi sijaitsee etuosan akkutilassa kuljettajan istuimen etupuolella.

Laturissa on kytkimet 12 V:n ja 72 V:n järjestelmien latausta varten. Molempien järjestelmien lataus on toteutettu rengassydänmuuntajalla, jolloin latausvirta pysyy suhteellisen vakiona latauksen aikana. Tästä johtuen laturia ei saa jättää päälle, kun akut on ladattu täyteen, tai akut voivat vahingoittua.

72 V:n järjestelmän latausvirta on noin 5,5 A, ja latausvirran suuruuden pystyy tarkastamaan laturin päällä sijaitsevasta virtamittarista.

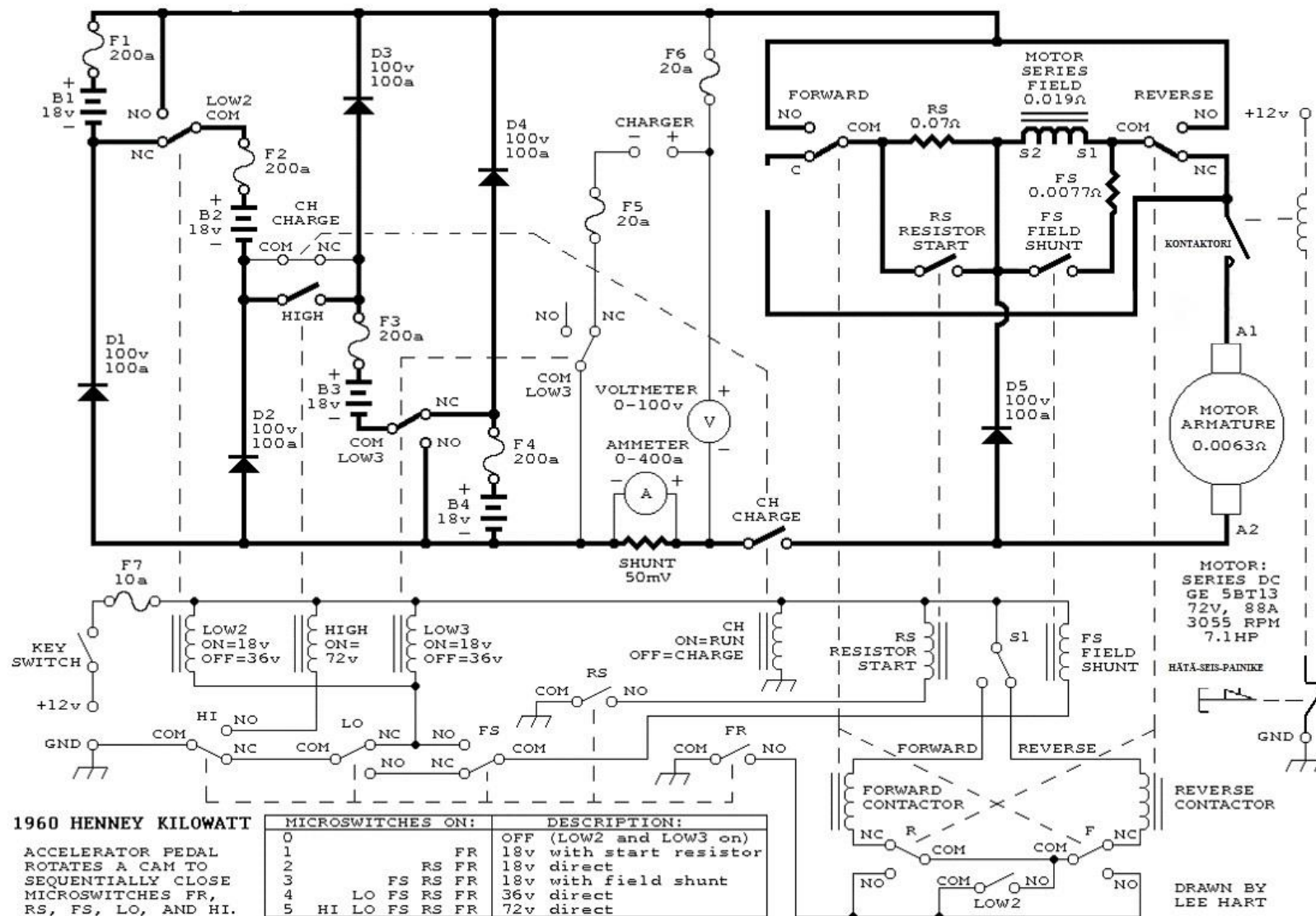
12 V:n järjestelmän latausvirta on noin 2,5 A. Järjestelmä on pienempi kuin ajoakusto, ja huolimatta pienemmästä latausvirrasta se latautuu täyteen nopeammin. Laturin ollessa käytössä autoa ei saa ajaa ja tulee varmistaa, että valot ovat sammutettu ja virta-avain on 0- asennossa.



Kuva 6. Uusi laturi ylhäältä päin kuvattuna, vasemmalla lähtöjen sulakkeet, keskellä virtamittari, oikealla tulon sulake ja laturin kytkimet

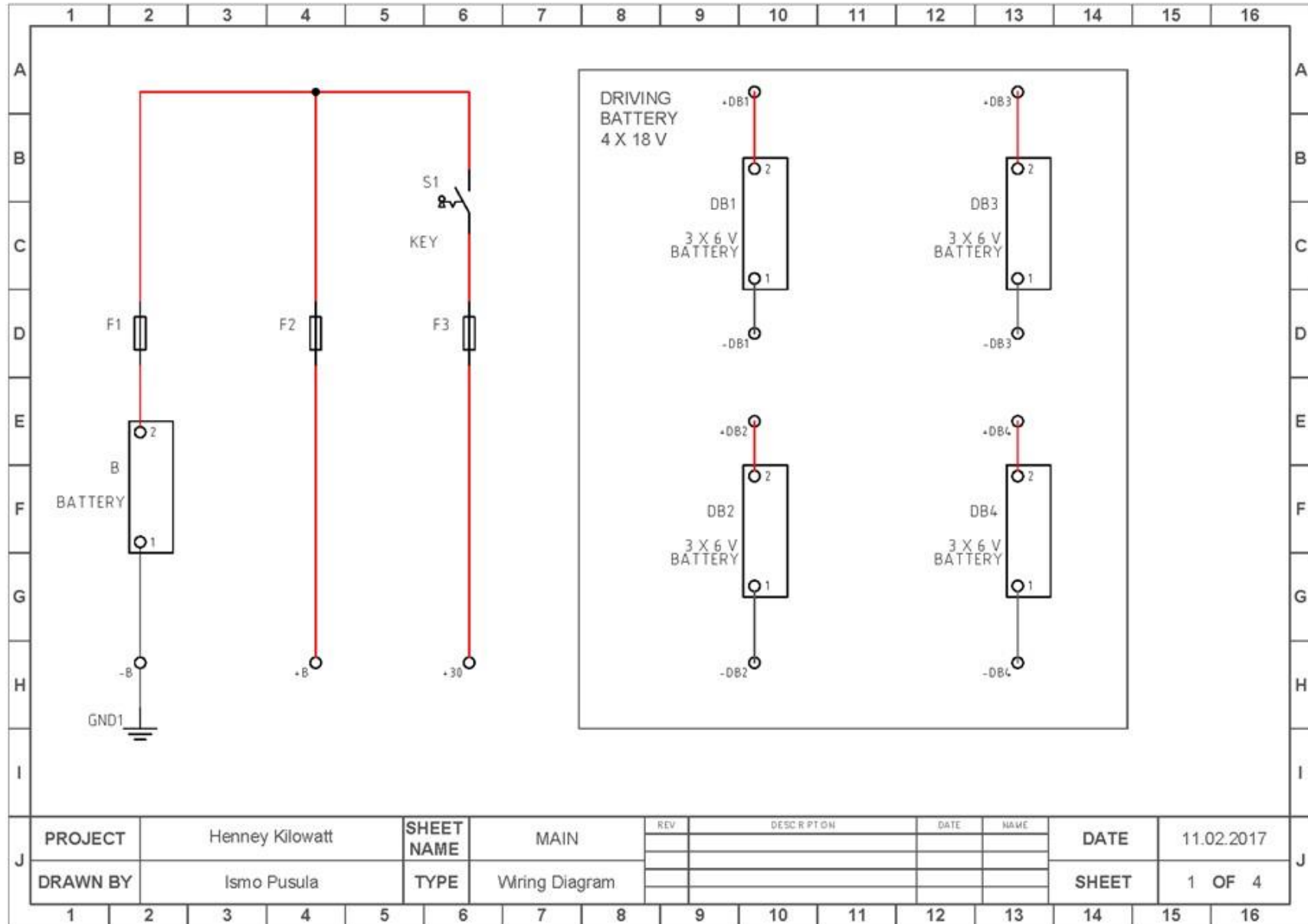
Henney Kilowattin sähköjärjestelmän kytkentäkaaviot

2 (6)

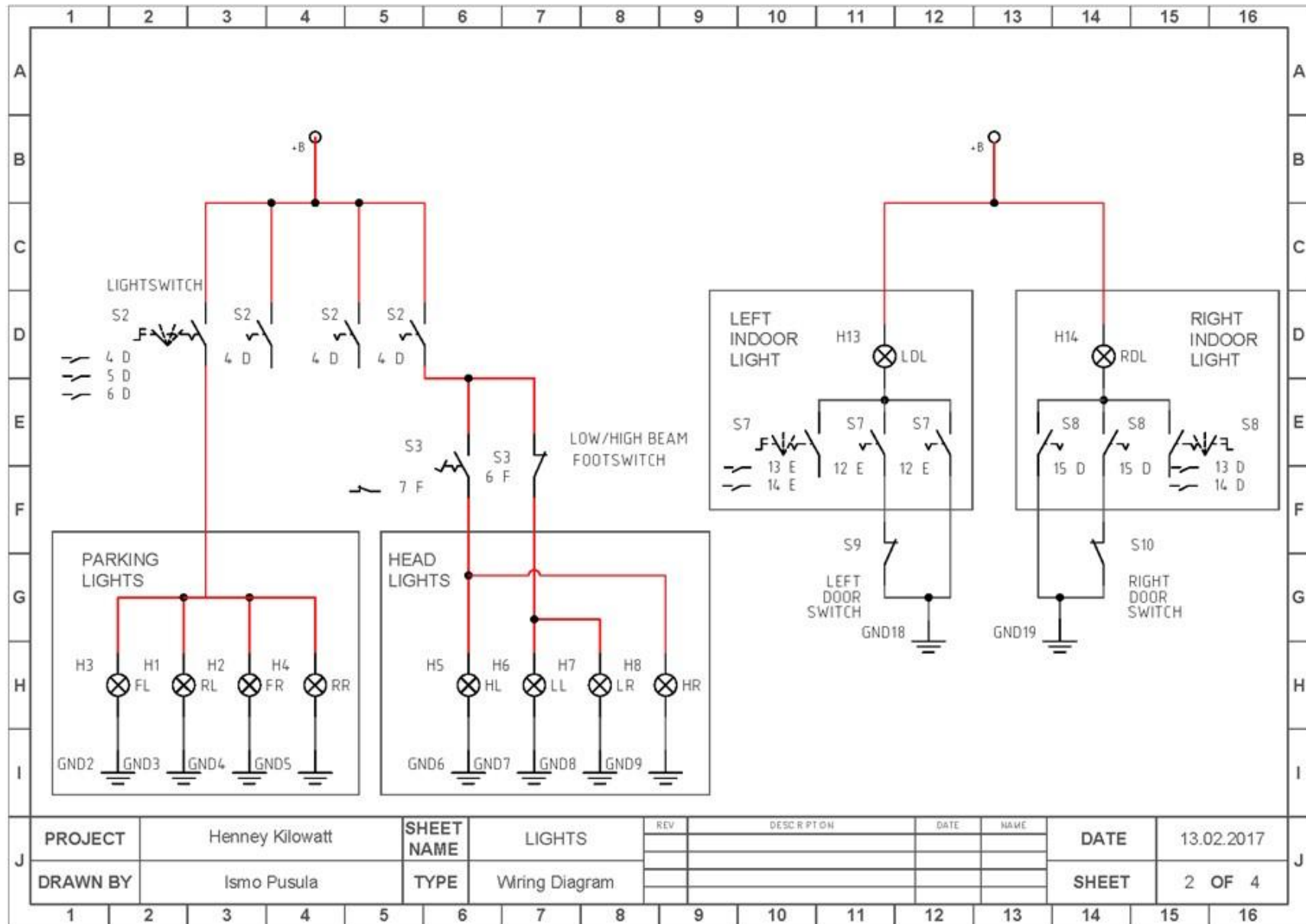


(Hart, Lee 2015)

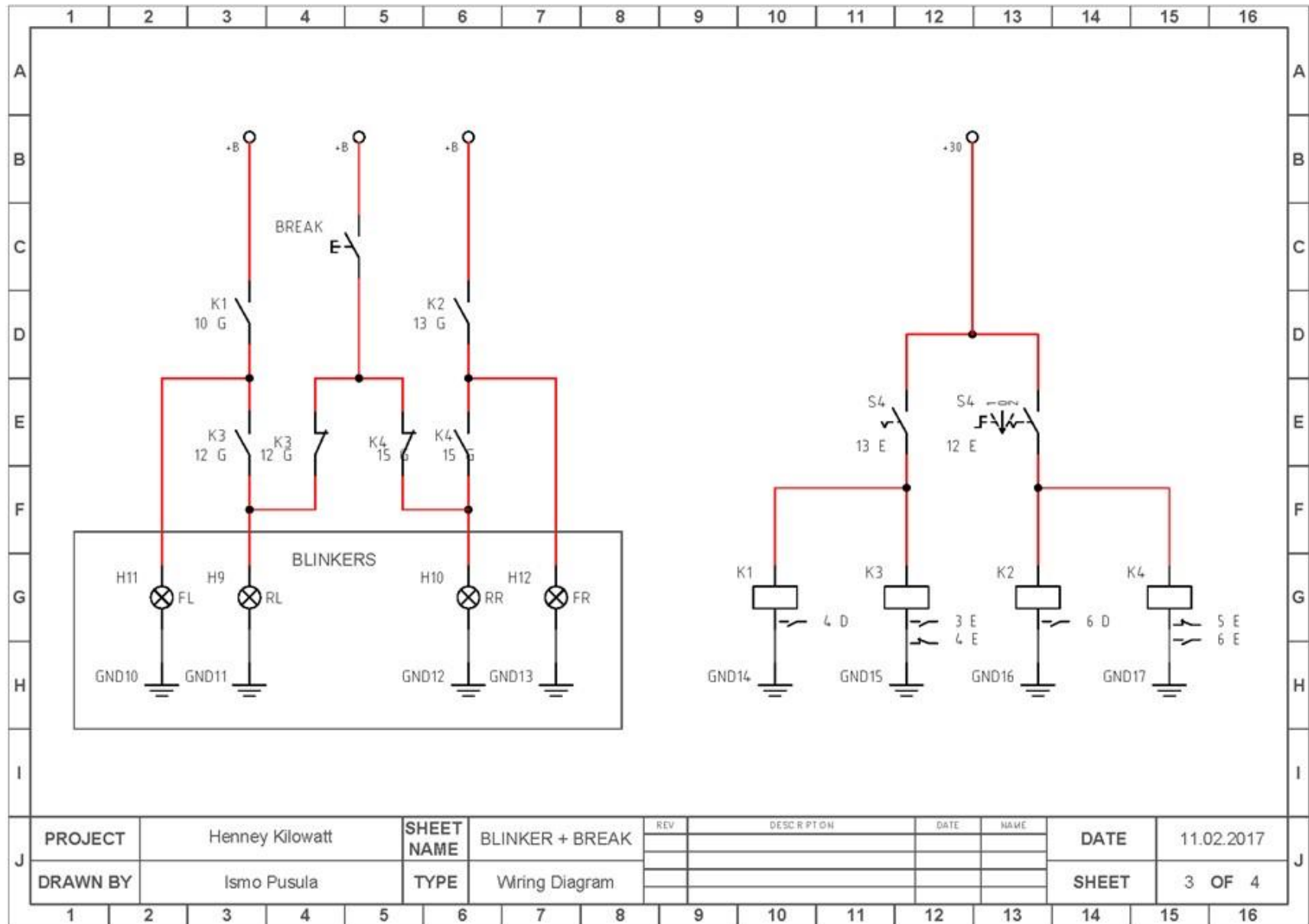
3 (6)



4 (6)



5 (6)



6 (6)

